

## Best Available Copy

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-160547

(43)Date of publication of application : 12.06.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065

(21)Application number : 11-342031

(71)Applicant : NEC CORP

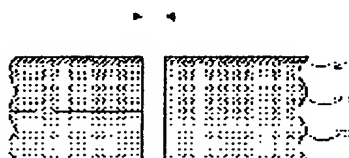
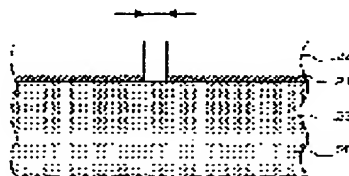
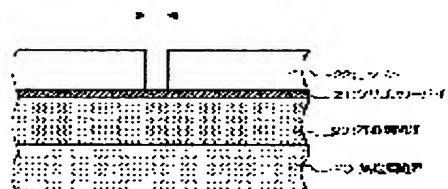
(22)Date of filing : 01.12.1999

(72)Inventor : UEDA YASUHIKO

**(54) ETCHING MASK, METHOD FOR FORMING CONTACT HOLE WHICH USES THE ETCHING MASK AND SEMICONDUCTOR DEVICE FORMED BY THE METHOD****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an etching mask having high etching selection ratio to an inorganic based interlayer film composed of SiO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, etc., to organic based ARC and an interlayer film and to a conducting film, a forming method of a contact hole which uses the etching mask, and a semiconductor device formed by the method.

**SOLUTION:** When a contact hole for connecting a wiring which is arranged via interlayer films 20, 23 composed of inorganic or organic insulating material is formed, a thin film 21 formed of silicon carbide which has high etching selection ratio to both inorganic and organic insulating material is deposited on the interlayer films. After a mask pattern formed of silicon carbide is formed by using a resist pattern 22 formed on the thin film, the interlayer films are etched by using the silicon carbide as a mask, and a contact hole having a large aspect ratio is formed according to the mask dimension.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 10.11.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 29.10.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3430091

[Date of registration] 16.05.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2002-23035

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 28.11.2002

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-160547

(P2001-160547A)

(43) 公開日 平成13年6月12日 (2001.6.12)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 L 21/3065

識別記号

F I

H 0 1 L 21/302

テーマコード(参考)

H 5 F 0 0 4

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平11-342031

(22) 出願日 平成11年12月1日 (1999.12.1)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 上田 靖彦

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100080816

弁理士 加藤 朝道

Fターム(参考) 5F004 AA04 BA04 CA01 CA02 DA04

DA11 DA17 DA23 DA26 DB02

DB03 DB07 DB08 DB09 DB12

DB23 DB25 DB26 EA03 EA22

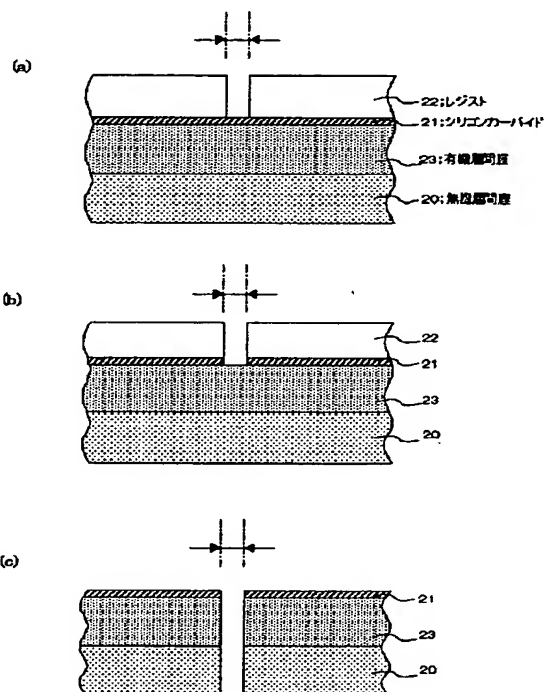
EB01 EB03

(54) 【発明の名称】 エッチングマスク及びエッチングマスクを用いたコンタクトホール形成方法並びにその方法で形成した半導体装置

(57) 【要約】

【課題】  $\text{SiO}_2$  や  $\text{Si}_3\text{N}_4$  等の無機系の層間膜、有機系のARCや層間膜、導電膜に対して高いエッチング選択比を有するエッチングマスク及びエッチングマスクを用いたコンタクトホールの形成方法並びにその方法で形成した半導体装置の提供。

【解決手段】 無機又は有機絶縁物からなる層間膜 (図2の20、23) を介して配設される配線を接続するためのコンタクトホール形成に際し、層間膜上に無機及び有機絶縁物のいずれに対しても高いエッチング選択比を有するシリコンカーバイド (図2の21) の薄膜を堆積し、その上に形成したレジストパターン (図2の22) を用いてシリコンカーバイドのマスクパターンを形成した後、シリコンカーバイドをマスクとして層間膜をエッチングすることによって、アスペクト比の大きいコンタクトホールをマスク寸法通りに形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】層間膜を挟んで配設される配線層を接続するためのコンタクトホール形成に用いられるエッチングマスクであって、前記エッチングマスクがシリコンカーバイドからなることを特徴とするエッチングマスク。

【請求項2】前記エッチングマスクが、体積抵抗率 $1 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の絶縁性の膜であることを特徴とする請求項1記載のエッチングマスク。

【請求項3】層間膜を挟んで配設される配線層を接続するためのコンタクトホール形成方法であって、前記コンタクトホールを形成する層間膜上にシリコンカーバイドの薄膜を形成する工程と、前記シリコンカーバイド上にレジストパターンを形成する工程と、前記レジストパターンをマスクとして、露出した前記シリコンカーバイドをドライエッチングする工程と、前記レジストパターンをドライ又はウェットエッチングにより除去する工程と、前記シリコンカーバイドをマスクとして前記層間膜にコンタクトホールを形成する工程と、を少なくとも有することを特徴とするコンタクトホール形成方法。

【請求項4】前記層間膜が、無機系の絶縁膜及び有機系の絶縁膜の積層膜からなることを特徴とする請求項3記載のコンタクトホール形成方法。

【請求項5】前記層間膜が、導電膜からなる層を含む請求項4記載のコンタクトホール形成方法。

【請求項6】前記無機系の絶縁膜が、シリコン酸化膜又はシリコン窒化膜のいずれかを含み、前記有機系の絶縁膜が、ベンゾシクロブテン又はポリイミドのいずれかを含む、請求項4又は5に記載のコンタクトホール形成方法。

【請求項7】層間膜に形成されたコンタクトホールを介して、前記層間膜の上層及び下層に配設された配線層が相互接続される半導体装置において、前記層間膜と前記上層の配線層との間に、シリコンカーバイドからなる絶縁膜が配設されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項8】半導体基板に、ゲート電極とソース／ドレイン領域とを少なくとも有し、前記ゲート電極上に複数の層間膜と複数の配線層とが積層され、前記層間膜に形成されたコンタクトホールを介して、前記ゲート電極又は前記配線層が相互接続される半導体装置において、前記コンタクトホールの少なくとも一つが、無機系の前記層間膜と有機系の前記層間膜とを貫通して形成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項9】半導体基板に、ゲート電極とソース／ドレイン領域とを少なくとも有し、前記ゲート電極上に複数の層間膜と複数の配線層とが積層され、前記層間膜に形成されたコンタクトホールを介して、前記ゲート電極又は前記配線層が相互接続される半導体装置において、

前記コンタクトホールの少なくとも一つが、前記ゲート電極を覆うように配設されたシリコン窒化膜と、前記ゲート電極上に堆積された前記層間膜とを貫通して形成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項10】前記コンタクトホールが、シリコンカーバイドをエッチングマスクとして形成されたコンタクトホールであることを特徴とする請求項8又は9に記載の半導体装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、エッチングマスク及びエッチングマスクを用いたコンタクトホール形成方法並びにその方法で形成した半導体装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年の半導体装置の高集積化、微細化に伴い、各素子の面積は著しく減少している。しかし、ゲート電極、配線などは従来と同等以下の電気抵抗にする必要があるため、同一材料を用いる場合には膜厚を増加させなければならない。すると、それに伴い層間膜の膜厚も増加し、2層目以降のコンタクトホールでは $3 \mu\text{m}$ 以上の深さが必要になることも珍しくない。一方でホール径はますます微細化が進んでいるため、精度の高い高アスペクトコンタクトホール加工技術が切望されている。

【0003】ここで、従来の一般的なDRAM (Dynamic Random Access Memory) プロセスにおけるコンタクトホール形成工程について、図面を参照して説明する。図10乃至図12は、従来のDRAMの製造方法を模式的に示す工程断面図であり、作図の都合上分図したものである。

【0004】まず、図10(a)に示すように、シリコン基板1の所定の領域に、トレンチ分離法により素子分離酸化膜2を形成した後、メモリ領域と周辺回路領域とを形成し、それぞれの領域にリン、ボロン等を注入してウェル領域8を形成する。そして、シリコン基板1上にゲート酸化膜3、ゲート電極4及びシリコン窒化膜5を堆積し、エッチングによりゲート電極部を形成した後、リン等のイオンを注入してソース／ドレイン領域7を形成する。

【0005】次に、図10(b)に示すように、ゲート電極部を覆うようにシリコン酸化膜を堆積した後、異方性エッチングを施し、サイドウォール6を形成し、所定の領域をレジストで保護してリン、ボロン等のイオンを注入し、 $n^+ / p^+$ 層を形成する。

【0006】次に、図10(c)に示すように、シリコン基板1全面に第1層間膜9を堆積し、ビット線と接続する領域が露出するようにレジストパターン22を形成し、レジストパターン22をエッチングマスクとしてCF系のガスをを用いたプラズマエッチングにより、第1層間膜9にコンタクトホールを形成する。

【0007】ここで、レジストパターン22の形成に際して、下地との反応性や下地からの反射光の影響をなくしレジストパターン22の開口寸法精度を高めるために、第1層間膜9とレジスト22との間に反射防止膜(Anti Reflective Coating:ARC)28を形成する場合もある。その場合は、まず、レジストパターン22をマスクとして、酸素ガスを用いたプラズマエッチングによりARC28を開口し、その後、CF系のガスを用いたプラズマエッチングにより、第1層間膜9に第1コンタクトホール10を形成する。なお、このARC28は第1コンタクトホール10形成後、レジストパターン22と共に除去される。

【0008】そして、図10(d)に示すように、第1コンタクトホール10内部にポリシリコン等を埋め込んだ後、ポリシリコンに接続されるビット線(第1層配線11)を形成する。

【0009】次に、図11(e)に示すように、シリコン基板1全面に、シリコン酸化膜12を堆積し、ストレージノードと接続する領域が露出するようにレジストパターン22を形成した後、レジストパターン22をエッチングマスクとしてCF系のガスを用いたプラズマエッチングにより、シリコン酸化膜12及び第1層間膜9を貫通するコンタクトホールを形成する。このレジストパターン形成工程に際しても、下地の影響を防ぐためにシリコン酸化膜12上にARC28を形成することもでき、その場合は、まず酸素ガスによるプラズマエッチングでARC28を開口した後、CF系ガスでシリコン酸化膜12及び第1層間膜9にコンタクトホールを形成する。

【0010】そして、図11(f)に示すように、第2コンタクトホール13内部にポリシリコン等を埋め込んだ後、ポリシリコンと接続される金属膜(第2層配線14)を形成し、その上層に高誘電体薄膜と金属膜とを順次成膜して誘電体薄膜を金属膜で挟み込んだキャパシタ15を形成する。

【0011】次に、図11(g)に示すように、シリコン基板1全面に第2層間膜16を堆積し、ソース/ドレイン7と接続する領域及びキャパシタ15と接続する領域が露出するようにレジストパターン22を形成し、レジストパターン22をエッチングマスクとしてCF系のガスを用いたプラズマエッチングにより、第2層間膜16、シリコン酸化膜12及び第1層間膜9を貫通するコンタクトホールと第2層間膜16を貫通するコンタクトホールとを形成する。なお、この工程でもARC28を同様に形成して下地の影響をキャンセルすることもできる。

【0012】次に、図12(h)に示すように、キャパシタと接続する第4コンタクトホール18にチタンと窒化チタンを埋め込み、ソース/ドレイン7と接続する第3コンタクトホール17には窒化チタンを埋め込んだ

後、熱処理を施すことによってソース/ドレイン領域7にチタンシリサイドを形成する。

【0013】そして、図12(i)に示すように、A1等の金属膜を堆積して第3層配線19を形成した後、図示していない層間絶縁膜及びパッシベーション膜を堆積することによってDRAMが形成される。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】上記したDRAMの製造プロセスの内、図11(e)及び図11(g)に示すコンタクトホールは、デバイスの微細化、高性能化に伴ってそのアスペクト比がますます大きくなる傾向であり、如何に精度よくコンタクトホールを開孔するかがDRAM製造上の重要な課題となっている。

【0015】従来は、このようなコンタクトホールを開孔するに際して、レジストパターンをエッチングマスクとして用いていたが、レジストはコンタクトホール形成のドライエッチングの際に自らもエッチングされてしまうため、レジストの開口部が徐々に広がり、コンタクトホールの開口径が広がってしまうという問題や、レジストが膜減りしてしまうという問題があった。一方、デバイスの微細化に伴ってレジストは薄膜化する傾向にあり、長時間のドライエッチングにレジストが耐えられなくなってしまうという問題があった。

【0016】この問題について、図13及び図14を参照して更に説明する。図13及び図14は、従来のレジストパターンをエッチングマスクとするコンタクトホール形成工程を模式的に示す断面図である。また、図14はシリコン酸化膜の上に下地との反応性や下地からの影響をキャンセルするために有機系の反射防止膜を形成したものである。

【0017】図13に示すように、従来のコンタクトホール形成工程では、例えば、膜厚3程度のシリコン酸化膜等の無機層間膜20の上に、膜厚700nm程度のレジストパターン22を形成し、CF系のガスを用いたプラズマエッチングによってコンタクトホールの形成を行っていたが、レジストはこのエッチングによって徐々に膜厚が薄くなり、また、開口部の径も徐々に大きくなっていくために、コンタクトホールの形状は初期のレジストパターンの開口径よりも大きくなってしまふ。

【0018】特に、図14に示すように、シリコン酸化膜20の上に有機系のARC28が形成されている場合には、このARC28を開孔するために、ドライエッチングのエッチングガスに酸素を混入しなければならず、この酸素の混入によってレジストのエッチングが更に進行してしまい、コンタクトホール開口部の径が更に大きくなってしまふ。

【0019】このような問題を解決するために、エッチングマスクとしてレジストの代わりにポリシリコン等を用いる方法が検討されているが、ポリシリコンをマスクにした場合は、CF系のガスに対してレジストよりも選

択比を大きくすることができるものの、Si と CF 系ガスの反応性は高く反応生成物の蒸気圧が高いため、エッチングマスクの材料としては適していない。更に、ポリシリコンは絶縁体ではないため、コンタクトホール形成後にポリシリコンを除去しなければならないが、コンタクト開口後にポリシリコンのみを選択的に除去するのは困難である。

【0020】また、エッチングマスクとして  $\text{Si}_3\text{N}_4$  を用いる方法もあり、シリコン酸化膜に対してコンタクトホールを形成する場合には用いることができるが、シリコン窒化膜にもコンタクトホールを形成しなければならない場合、例えば、ゲート電極部のシリコン窒化膜まで貫通するコンタクトホールを形成する場合には、エッチングの選択比を得ることができない。

【0021】本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであって、その主たる目的は、アスペクト比の大きいコンタクトホールの形成に用いることができ、かつ、 $\text{SiO}_2$  や  $\text{Si}_3\text{N}_4$  のみならず、有機系の ARC や層間膜、導電膜に対しても高いエッチング選択比を確保することができるエッチングマスク及びエッチングマスクを用いたコンタクトホールの形成方法並びにその方法で形成した半導体装置を提供することにある。

#### 【0022】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、第1の視点において、層間膜を介して配設される配線を接続するためのコンタクトホールの形成に用いられるエッチングマスクであって、前記エッチングマスクがシリコンカーバイドからなるものである。

【0023】本発明は、第2の視点において、層間膜を介して配設される配線を接続するためのコンタクトホールの形成方法であって、前記コンタクトホールを形成する層間膜上にシリコンカーバイドの薄膜を形成する工程と、前記シリコンカーバイド上にレジストパターンを形成する工程と、前記レジストパターンをマスクとして、露出した前記シリコンカーバイドをドライエッチングする工程と、前記レジストパターンをドライ又はウェットエッチングにより除去する工程と、前記シリコンカーバイドをマスクとして前記層間膜にコンタクトホールを形成する工程と、を少なくとも有するものである。

【0024】また、本発明は、第3の視点において、層間膜に形成されたコンタクトホールを介して、前記層間膜の上層及び下層に配設された配線層が接続される半導体装置において、前記層間膜と前記上層の配線層との間に、コンタクトホールの形成に際して用いられた膜であって、シリコンカーバイドからなる膜が配設されているものである。

【0025】更に、本発明は、第4の視点において、半導体基板に、ゲート電極とソース／ドレイン領域とを少なくとも有し、前記ゲート電極上に複数の層間膜と複数の配線層とが積層され、前記層間膜に形成されたコンタ

クトホールを介して、前記ゲート電極又は前記配線層が相互接続される半導体装置において、前記コンタクトホールの少なくとも一つが、前記ゲート電極を覆うように配設されたシリコン窒化膜と、前記ゲート電極上に堆積された前記層間膜とを貫通して形成されているものである。

#### 【0026】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

10 【0027】【実施の形態1】本発明の第1の実施の形態に係るコンタクトホールの形成方法について、図1を参照して説明する。図1は、第1の実施の形態に係るエッチングの様子を模式的に説明するための断面図である。

【0028】本発明の第1の実施の形態は、シリコン酸化膜等の単一部材からなる無機層間膜について、シリコンカーバイドからなるエッチングマスクを用いて、アスペクト比の大きいコンタクトホールを形成するものである。

20 【0029】まず、図1(a)に示すように、コンタクトホールを形成する  $4\mu\text{m}$  程度の膜厚のシリコン酸化膜等の無機層間膜20上に、例えば、トリクロルシラン ( $\text{SiHCl}_3$ ) とプロパン ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) を原料ガスとして、CVD法を用いてシリコンカーバイド ( $\text{SiC}$ ) 21を  $200\text{nm}$  程度の膜厚で形成する。続いて、 $\text{SiC}$  21の上にレジストを  $500\text{nm}$  程度の膜厚で塗布し、公知のリソグラフィ技術を用いて所望の径の開口部を有するレジストパターン22を形成する。

30 【0030】ここで従来は、このレジストパターン22をエッチングマスクとしてシリコン酸化膜等の無機層間膜20をエッチングしていたため、レジストパターン22を長時間のエッチングに耐えうる膜厚に設定する必要があったが、本実施の形態ではアスペクト比の大きいコンタクトホールのエッチングは  $\text{SiC}$  21を用いて行い、レジストパターン22はこの  $\text{SiC}$  21のみをエッチングするために用いるため、従来のようにレジストを厚く形成する必要はない。

【0031】次に、図1(b)に示すように、レジストパターン22の開口部の  $\text{SiC}$  21を、例えば、平行平板RIEを用いてプラズマエッチング法により除去する。エッチング条件は、エッチングガスとして  $\text{NF}_3/\text{Ar}$  ガスを用い、流量： $\text{NF}_3/\text{Ar}=30/200\text{ sccm}$ 、圧力： $2.66\text{ pa}$  ( $20\text{ mTorr}$ )、ステージ温度  $0^\circ$  で行った。本条件では、 $\text{SiC}$  21のレジストに対するエッチング選択比は3であり、エッチング前後のCD差は  $\pm 4\text{ nm}$  以内であった。

40 【0032】その後、レジストパターン22を酸素プラズマによる灰化処理、酸溶液及びアルカリ溶液によるウェットエッチングにより除去する。次に、図1(c)に示すように、 $\text{SiC}$  21をエッチングマスクとして無機

層間膜 20 を、例えば、平行平板 R I E を用いてプラズマエッチング法により除去し、コンタクトホールを形成する。エッチング条件は、エッチングガスとして  $C_4F_8/CO/Ar/O_2$  ガスをを用い、流量： $C_4F_8/CO/Ar/O_2=25/60/300/10$  sccm、圧力：5.32 pa (40 mTorr)、ステージ温度  $0^\circ$  で行った。

【0033】本条件では、シリコン酸化膜の SiC21 に対するエッチング選択比は 60、シリコン酸化膜のエッチングレートは  $750\text{ nm/min}$  であり、アスペクト比の大きいコンタクトホールを形成することができるエッチング特性が得られた。なお、エッチング前後の CD 差は  $\pm 5\text{ nm}$  以内であった。また、本実施の形態の条件で形成した SiC21 は十分な絶縁性 ( $1E14\ \Omega\text{ cm}$  以上) を有する膜であり、コンタクトホール形成後も剥離せずにそのまま層間膜として用いることもでき、従来例に示したポリシリコンをエッチングマスクとする場合に比べて、エッチングマスクを除去する工程を簡略化することができる。

【0034】また、エッチングマスクを除去する場合、エッチングは一般的な平行平板装置を用い、条件は  $NF_3/Ar=500/1000$  sccm、圧力：39.9 pa (300 mTorr)、ステージ温度  $0^\circ\text{C}$  にて行う。この方法によれば、 $NF_3$  流量が多く、圧力が高いため、SiC21 のエッチング効率は飛躍的に向上する一方、圧力が高いために深い穴の底にはエッチング種がほとんど届かず、SiC21 のエッチング時に先に形成したコンタクトホールの開口形状を変えてしまうことはない。

【0035】このように、本実施の形態の SiC21 をエッチングマスクとするコンタクトホールの形成方法によれば、シリコン酸化膜の SiC に対するエッチング選択比を 60 程度にすることが可能であるため、従来のように、シリコン酸化膜のエッチング選択比が 8 程度のレジストパターンを用いる場合のように、エッチング中にレジストパターンの開口径が広がることがなく、アスペクト比の大きいコンタクトホールをマスクの設計寸法通りに形成することができ、デバイスの微細化の要望に応えることができる。

【0036】〔実施の形態 2〕次に、本発明の第 2 の実施の形態に係るコンタクトホールの形成方法について、図 2 を参照して説明する。図 2 は、第 2 の実施の形態に係るエッチングの様子を模式的に説明するための断面図である。

【0037】本発明の第 2 の実施の形態は、シリコン酸化膜等の無機層間膜と BCB (ベンゾシクロブテン) 等の有機層間膜を積層した構造体について、SiC からなるエッチングマスクを用いて、アスペクト比の大きいコンタクトホールを形成するものである。

【0038】まず、図 2 (a) に示すように、200 n

m 程度のシリコン酸化膜からなる無機層間膜 20 と 750 nm 程度の BCB からなる有機層間膜 23 の上に、前記した第 1 の実施の形態と同様に、例えば、トリクロロシランとプロパンを原料ガスとして、CVD 法を用いて SiC21 を 200 nm 程度の膜厚で形成する。続いて、レジストを 500 nm 程度の膜厚で塗布し、公知のリソグラフィ技術を用いて所望の開口径を有するレジストパターン 22 を形成する。次に、図 2 (b) に示すように、レジストパターン 22 の開口部の SiC21 を、例えば、平行平板 R I E を用いてプラズマエッチング法により除去する。

【0039】その後、レジストパターン 22 を酸素プラズマによる灰化処理、酸溶液及びアルカリ溶液によるウェットエッチングにより除去する。次に、図 2 (c) に示すように、SiC21 をエッチングマスクとしてシリコン酸化膜 20 と BCB 23 とを、例えば、平行平板 R I E を用いてプラズマエッチング法により除去し、コンタクトホールを形成する。エッチング条件は、BCB 23 に対しては、エッチングガスとして  $Cl/O_2$  ガスをを用い、流量： $Cl/O_2=150/150$  sccm、圧力：3.99 pa (30 mTorr)、ステージ温度  $20^\circ$  であり、シリコン酸化膜 20 に対しては、エッチングガスとして  $C_4F_8/CO/Ar/O_2$  ガスをを用い、流量： $C_4F_8/CO/Ar/O_2=25/60/300/10$  sccm、圧力：5.32 pa (40 mTorr)、ステージ温度  $0^\circ$  で行った。

【0040】本条件では、シリコン酸化膜 20 の SiC21 に対するエッチング選択比は 60、エッチングレートは  $750\text{ nm/min}$  であり、BCB 23 の SiC21 に対するエッチング選択比は 40、エッチングレートは  $450\text{ nm/min}$  であり、アスペクト比の大きいコンタクトホールを十分に形成することができるエッチング特性が得られた。なお、本実施の形態の条件で形成した SiC21 は十分な絶縁性を有する膜であり、コンタクトホール形成後も剥離せずにそのまま層間膜として用いることができるのは前記した第 1 の実施の形態と同様である。

【0041】このように、従来は、BCB 等の有機層間膜 23 に対し、同じく有機物であるレジストパターン 22 をエッチングマスクとしてコンタクトホールを形成することは困難であったが、本実施の形態の SiC21 をエッチングマスクとするコンタクトホールの形成方法によれば、シリコン酸化膜等の無機層間膜 20 及び BCB 等の有機層間膜 23 の双方に対して、エッチング選択比を大きくすることが可能であるため、SiC21 のみをマスクとして無機層間膜 20 と有機層間膜 23 の双方を貫通するコンタクトホールを形成することができる。

【0042】〔実施の形態 3〕次に、本発明の第 3 の実施の形態に係るコンタクトホールの形成方法について、図 3 を参照して説明する。図 3 は、第 3 の実施の形態に

係るエッチングの様子を模式的に説明するための断面図である。

【0043】本発明の第3の実施の形態は、DRAM等のセル部で自己整合コンタクト(SAC)を使用している場合に周辺回路部で形成するコンタクトホールのように、ゲート電極部がシリコン窒化膜で被覆されている構造体について、SiCからなるエッチングマスクのみを用いてコンタクトホールを形成するものである。

【0044】まず、図3(a)に示すように、公知のプロセスを用いてシリコン基板上にゲート酸化膜3とゲート電極4とシリコン窒化膜5とを堆積し、所定の形状に加工した後、シリコン窒化膜からなるサイドウォール6を形成する。そして、その上に堆積したシリコン酸化膜からなる第1層間膜9に第1コンタクトホール10を形成し、内部にポリシリコンを埋め込んだ後、第1配線層を形成する。

【0045】次に、シリコン酸化膜12を堆積し、同様に第2コンタクトホール13、第2配線層14を形成し、その上層にシリコン酸化膜からなる第2層間膜16を堆積した後、前記した第1の実施の形態と同様に、SiC21を200nm程度の膜厚で形成する。続いて、500nm程度の膜厚のレジストパターン22を形成する。次に、図3(b)に示すように、レジストパターン22の開口部のSiC21を、例えば、平行平板RIEを用いてプラズマエッチング法により除去する。

【0046】次に、レジストパターン22を除去した後、図3(c)に示すように、SiC21をエッチングマスクとして第2層間膜16、シリコン酸化膜12、第1層間膜9とゲート電極部のシリコン窒化膜5とを、例えば、平行平板RIEを用いてプラズマエッチング法により除去し、コンタクトホールを形成する。エッチング条件は、シリコン酸化膜16、12、9に対しては、エッチングガスとしてC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>ガスを用い、流量：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>=25/60/300/10sccm、圧力：5.32pa(40mTorr)、ステージ温度0°、シリコン窒化膜5に対しては、エッチングガスとしてC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>/CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>ガスを用い、流量：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>/CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>=15/80/500/10/15sccm、圧力：5.32pa(40mTorr)で行った。

【0047】本条件では、シリコン酸化膜16、12、9のSiC21に対するエッチング選択比は60、エッチングレートは750nm/minであり、また、シリコン窒化膜5のSiC21に対するエッチング選択比は45、エッチングレートは500nm/minであり、SiC21のみをマスクとし、エッチング条件のみを変えて、アスペクト比の大きいコンタクトホールを形成することができる。なお、本実施の形態の条件で形成したSiC21をコンタクトホール形成後も剥離せずにそのまま層間膜として用いることもできるのは前記した第1

の実施の形態と同様である。

【0048】このように、本実施の形態のSiC21をエッチングマスクとするコンタクトホールの形成方法によれば、シリコン酸化膜16、12、9及びシリコン窒化膜5の双方に対してエッチング選択比を大きくすることが可能であるため、SiC21のみをマスクとしてシリコン酸化膜16、12、9及びシリコン窒化膜5の積層体にコンタクトホールを形成することができ、自己整合コンタクト工程においても本方法を用いることができる。

【0049】[実施の形態4] 次に、本発明の第4の実施の形態に係るコンタクトホールの形成方法について、図4を参照して説明する。図4は、第4の実施の形態に係るエッチングの様子を模式的に説明するための断面図である。

【0050】本発明の第4の実施の形態は、多層配線基板のように、シリコン酸化膜等の無機層間膜とメタルやポリシリコン等の導電膜が積層された構造体について、SiCからなるエッチングマスクのみを用いて、コンタクトホールを形成するものである。

【0051】まず、図4(a)に示すように、2μm程度のシリコン酸化膜からなる無機層間膜20aとTiN(50nm)/Ti(20nm)/AlCu(500nm)/TiN(50nm)/Ti(20nm)等を積層した導電膜24と2μm程度のシリコン酸化膜20bが順次堆積された積層体の上に、前記した第1の実施の形態と同様に、SiC21を200nm程度の膜厚で形成し、続いて、500nm程度の膜厚のレジストパターン22を形成する。次に、図4(b)に示すように、レジストパターン22の開口部のSiC21を、例えば、平行平板RIEを用いてプラズマエッチング法により除去する。

【0052】次に、レジストパターン22を除去した後、図4(c)に示すように、SiC21をエッチングマスクとして、上層のシリコン酸化膜20bと導電膜24と下層のシリコン酸化膜20aとを、例えば、平行平板RIEを用いてプラズマエッチング法により除去し、コンタクトホールを形成する。エッチング条件は、上層及び下層のシリコン酸化膜20a、20bに対しては、エッチングガスとしてC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>ガスを用い、流量：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>=25/60/300/10sccm、圧力：5.32pa(40mTorr)、ステージ温度0°、AlCu等の導電膜24に対しては、エッチングガスとしてCl<sub>2</sub>/BCl<sub>3</sub>ガスを用い、流量：Cl<sub>2</sub>/BCl<sub>3</sub>=80/20sccm、圧力：1.33pa(10mTorr)で行った。

【0053】本条件では、シリコン酸化膜20a、20bのSiC21に対するエッチング選択比は60、エッチングレートは750nm/minで、AlCu膜のSiC21に対するエッチング選択比は65、エッチング



レートは850nm/minであり、SiC21のみをマスクとし、エッチング条件のみを変えて、導電膜24を間に含むような積層体に対して一度にコンタクトホールを形成することができる。なお、本実施の形態の条件で形成したSiC21は十分な絶縁性を有する膜であり、コンタクトホール形成後も剥離する必要がないのは前記した第1の実施の形態と同様である。

【0054】このように、本実施の形態のSiC21をエッチングマスクとするコンタクトホールの形成方法によれば、シリコン酸化膜等の無機層間膜20膜及びAlCu等の導電膜24の双方に対してエッチング選択比を大きくすることが可能であるため、SiC21のみをマスクとして、多層配線基板を構成する絶縁膜と導電膜の積層体にコンタクトホールを形成することができ、従来のように、各層毎に位置をずらしてコンタクトホールを形成する必要がなく、多層配線基板の微細化及び工程の簡略化を図ることができる。

【0055】以上説明した4つの実施の形態から分かるように、本発明のシリコンカーバイドからなるエッチングマスクは、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜等の無機絶縁膜20、BCB、ARC膜等の有機絶縁膜21、Al、ポリシリコン等の導電膜24のいずれに対しても高いエッチング選択比を有するため、これら各種の材料を任意に積層した構造体に対してもエッチングマスクとして用いることが可能である。

【0056】

【実施例】上記した本発明の実施の形態についてさらに詳細に説明すべく、本発明の実施例について図面を参照して以下に説明する。

【0057】【実施例1】まず、図5乃至図8を参照して、本発明の第1の実施例に係るDRAM及びその製造方法について説明する。図5乃至図7は、本発明の第1の実施例に係るDRAMの製造方法を模式的に示す工程断面図であり、作図の都合上分図したものである。また、図8は、エッチングマスクを除去しない場合のDRAMの構造を示す断面図である。

【0058】まず、図5(a)に示すように、シリコン基板1の所定の領域に、トレンチ分離法により素子分離酸化膜2を形成した後、メモリ領域と周辺回路領域とを形成し、それぞれの領域にリン、ボロン等を注入してウェル領域8を形成する。次に、シリコン基板1上にゲート酸化膜3、ゲート電極4及びシリコン窒化膜5を堆積し、エッチングによりゲート電極部を形成した後、リン等のイオンを注入してソース/ドレイン領域7を形成する。

【0059】次に、図5(b)に示すように、ゲート電極部を覆うようにシリコン酸化膜を堆積した後、異方性エッチングを施し、サイドウォール6を形成し、所定の領域をレジストで保護してリン、ボロン等のイオンを注入してn<sup>+</sup>/p<sup>+</sup>層を形成する。

【0060】次に、シリコン基板1全面に第1層間膜9を堆積し、図5(c)に示すようにコンタクトホールを形成するが、本実施例では、SiC21aをエッチングマスクとしてエッチングを行うため、まず、第1層間膜9上に、例えば、トリクロロシランとプロパンを原料ガスとして、CVD法を用いてSiC21aを200nm程度の膜厚で形成する。

【0061】続いて、SiC21aの上にレジストを500nm程度の膜厚で塗布し、ビット線と接続する領域が露出するようにレジストパターンを形成し、レジストパターンをエッチングマスクとして、例えば、平行平板RIEを用いてプラズマエッチング法によりレジストパターン開口部のSiC21aを除去する。エッチング条件は、エッチングガスとしてNF<sub>3</sub>/Arガスを使い、流量：NF<sub>3</sub>/Ar=30/200sccm、圧力：2.66pa(20mTorr)、ステージ温度0°で行った。

【0062】その後、レジストを酸素プラズマによる灰化处理、酸溶液及びアルカリ溶液によるウェットエッチングにより除去した後、SiC21aをエッチングマスクとして第1層間膜9を、例えば、平行平板RIEを用いてプラズマエッチング法により除去し、第1コンタクトホール10を形成する。エッチング条件は、エッチングガスとしてC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>ガスを使い、流量：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>=25/60/300/10sccm、圧力：5.32pa(40mTorr)、ステージ温度0°で行った。

【0063】なお、本実施例の条件で形成したSiC21aは、十分な絶縁性(1E14Ωcm)を有する膜であるので、第1層間膜9の上にそのまま残すこともでき、また、平行平板装置を用い、NF<sub>3</sub>/Ar=500/1000sccm、圧力：39.9pa(300mTorr)、ステージ温度0℃の条件でエッチング除去してもよい。その後、図5(d)に示すように、第1コンタクトホール10内部にポリシリコン等を埋め込んだ後、ポリシリコンと接続されるビット線(第1層配線11)を形成する。

【0064】次に、図6(e)に示すように、シリコン基板1全面に、シリコン酸化膜12を堆積した後、図5(c)と同様に、シリコン基板全面にCVD法を用いてSiC21bを200nm程度の膜厚で形成する。続いて、SiC21bの上にレジストを500nm程度の膜厚で塗布し、ストレージノードと接続する領域が露出するようにレジストパターンを形成し、レジストパターンをエッチングマスクとして、例えば、プラズマエッチング法によりレジストパターン開口部のSiC21bを除去する。

【0065】その後、レジストを除去した後、SiC21bをエッチングマスクとしてシリコン酸化膜12及び第1層間膜9をプラズマエッチング法により除去し、シ



リコン酸化膜 12 及び第 1 層間膜 9 を貫通する第 2 コンタクトホール 13 を形成する。エッチング条件は、シリコン酸化膜 12 に対しては、エッチングガス： $C_4F_8/CO/Ar/O_2$ 、流量： $C_4F_8/CO/Ar/O_2=25/60/300/10\text{ sccm}$ 、圧力： $5.32\text{ pa}$  ( $40\text{ mTorr}$ )、ステージ温度  $0^\circ$ 、第 1 層間膜 9 に対しては、エッチングガス： $C_4F_8/CO/Ar/O_2$ 、流量： $C_4F_8/CO/Ar/O_2=25/60/300/10\text{ sccm}$ 、圧力： $5.32\text{ pa}$  ( $40\text{ mTorr}$ ) で行った。

【0066】そして、図 6 (f) に示すように、第 2 コンタクトホール 13 内部にポリシリコン等を埋め込んだ後、ポリシリコンと接続される金属膜 (第 2 層配線 14) を形成した後、高誘電体薄膜と金属膜とを順次成膜して、誘電体薄膜を金属膜で挟み込んだキャパシタ 15 を形成する。

【0067】次に、図 6 (g) に示すように、シリコン基板 1 全面に第 2 層間膜 16 を堆積し、図 5 (C)、図 6 (e) と同様に、シリコン基板全面に CVD 法を用いて  $SiC_{21}$  を  $200\text{ nm}$  程度の膜厚で形成し、続いて、レジストを  $500\text{ nm}$  程度の膜厚で塗布し、ソース/ドレインと接続する領域及びキャパシタと接続する領域が露出するようにレジストパターンを形成し、プラズマエッチング法によりレジストパターン開口部の  $SiC_{21}$  を除去する。

【0068】次に、レジストを除去した後、 $SiC_{21}$  をエッチングマスクとして第 2 層間膜 16、シリコン酸化膜 12 及び第 1 層間膜 9 をプラズマエッチング法により除去し、第 2 層間膜 16、シリコン酸化膜 12 及び第 1 層間膜 9 を貫通する第 3 コンタクトホール 17 及び第 2 層間膜 16 を貫通する第 4 コンタクトホール 18 を形成する。エッチング条件は、第 2 層間膜 16 に対しては、エッチングガス： $C_4F_8/CO/Ar/O_2$ 、流量： $C_4F_8/CO/Ar/O_2=25/60/300/10\text{ sccm}$ 、圧力： $5.32\text{ pa}$  ( $40\text{ mTorr}$ )、ステージ温度  $0^\circ$ 、シリコン酸化膜 12 に対しては、エッチングガス： $C_4F_8/CO/Ar/O_2$ 、流量： $C_4F_8/CO/Ar/O_2=25/60/300/10\text{ sccm}$ 、圧力： $5.32\text{ pa}$  ( $40\text{ mTorr}$ )、第 1 層間膜 9 に対しては、エッチングガス： $C_4F_8/CO/Ar/O_2$ 、流量： $C_4F_8/CO/Ar/O_2=25/60/300/10\text{ sccm}$ 、圧力： $5.32\text{ pa}$  ( $40\text{ mTorr}$ ) で行った。

【0069】次に、図 7 (h) に示すように、キャパシタと接続する第 4 コンタクトホール 18 にチタンと窒化チタンを埋め込み、ソース/ドレインと接続する第 3 コンタクトホール 17 には窒化チタンを埋め込んだ後、熱処理を施すことによってソース/ドレイン領域にチタンシリサイドを形成する。

【0070】そして、図 7 (i) に示すように、A1 等

の金属膜を堆積して、第 3 層配線 19 を形成した後、図示していない層間絶縁膜及びパッシベーション膜を堆積することによって DRAM が形成される。

【0071】このように、本実施例の DRAM の製造方法によれば、図 5 (c)、図 6 (e) 及び図 6 (g) に示したコンタクトホールの形成に際して、エッチングマスクとして  $SiC_{21}$  を用いているため、コンタクトホールを形成する第 1 層間膜 9、シリコン酸化膜 12、第 2 層間膜 16 のマスクに対するエッチング選択比を十分に大きくすることができるため、エッチングの際に、マスクがエッチングされて開口径が大きくなってしまいうことはなく、設計寸法通りのコンタクトホールを開口することができる。

【0072】また、レジストパターンをエッチングマスクとする従来の方法では、第 1 層間膜 9 又は第 2 層間膜 16 として有機膜を用いた場合には、レジストとの選択比が得られないためにエッチングすることができなかったが、本実施例では、有機膜に対しても十分な選択比を確保することができるため、 $SiC_{21}$  のみを用いて一括してコンタクトホールを形成することができ、工程の簡略化を図ることができる。

【0073】更に、本実施例の条件で形成した  $SiC_{21}$  は十分な絶縁性を有する膜であるため、ポリシリコンをマスクとする場合のように、コンタクトホール形成後にエッチングマスクを除去する必要がなく、図 8 に示すように、 $SiC_{21}$  を残すことによって更に工程を簡略化することもできる。

【0074】〔実施例 2〕次に、図 9 を参照して、本発明の第 2 の実施例に係る多層配線構造の形成方法について説明する。図 9 は、本発明の第 2 の実施例に係る多層配線を有する DRAM のメモリセルアレイ部の一部を模式的に示す図であり、(a) はエッチングマスクを除去した構成、(b) はエッチングマスクを残した構成を示す断面図である。

【0075】図 9 に示すように、第 2 の実施例に係る多層配線基板は、シリコン基板 1 に形成された MOS トランジスタ上に、第 1 層間膜 9、第 1 層配線 11、第 2 層間膜 16、第 2 層配線 14、第 3 層間膜 25、第 3 層配線 19、第 4 層間膜 26 及び第 4 層配線 27 が順次形成されており、コンタクトホール 26 a は第 1 層間膜 9 を貫通してソース/ドレイン領域 7 と第 1 層配線 11 とを連結し、コンタクトホール 26 b は第 3 層間膜 25 及び第 4 層間膜 26 を貫通して第 2 層配線 14 と第 4 層配線 27 とを接続し、コンタクトホール 26 c は第 1 層間膜 9、第 2 層間膜 16 及び第 3 層間膜 25 を貫通してソース/ドレイン領域 7 と第 3 層配線 19 とを接続している。

【0076】このような多層配線構造を形成しようとする場合、従来のレジストパターンをエッチングマスクとするコンタクトホールの形成方法では、アスペクト比の

大きい穴を開けることができないので、図 15 に示すように、各層の層間膜を形成後、単層の層間膜を貫通するコンタクトホールを形成してその内部にポリシリコン等を埋め込んでその上に配線層を形成し、これを繰り返すことによって複数の層間膜を介して形成される配線層を接続していた。

【0077】このように各層間膜毎にコンタクトホールを形成する場合は、コンタクトホール同士が基板の放線方向から見て相重ならないようにしなければならず、また、工程が複雑になってしまうが、本実施例のエッチングマスクを用いる場合には、SiC21 がシリコン酸化膜、シリコン窒化膜等の無機絶縁膜や、ベンゾシクロブテン、ポリイミド等の有機絶縁膜や、Al、ポリシリコン等の導電膜のいずれに対しても十分なエッチング選択比を有しているために、複数の層を貫通するコンタクトホールを一括して形成することができる。

【0078】具体的には、図 9 に示すように、第 3 層間膜 25 形成後、SiC21 をマスクとして第 1 ～第 3 層間膜を貫通しソース／ドレイン領域 7 に到達するコンタクトホール 26c を形成し、第 4 層間膜 26 形成後、第 3 層間膜 25 と第 4 層間膜 26 を貫通するコンタクトホール 26b を形成することができる。なお、前記した第 1 の実施例と同様に、SiC21 は十分な絶縁性を有する膜であるので、層間膜上にそのまま残すこともでき、また、平行平板装置を用いてエッチング除去してもよい。

【0079】このように、本実施例のエッチングマスクを用いたコンタクトホールの形成方法では、無機層間膜、有機層間膜及び導電膜が積層された構造体を、SiC21 をエッチングマスクとして、エッチング条件のみを変えて一括してコンタクトホールを形成することができるため、多層配線を有する半導体装置を微細化することができると共に、ドライエッチングの回数を減らすことによって製造工程を簡略化することができる。また、各層間膜毎に配線層を形成する方法に比べて配線の接続を確実にすることができる。

#### 【0080】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のエッチングマスク及びエッチングマスクを用いたコンタクトホールの形成方法によれば、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜等の無機絶縁膜、ベンゾシクロブテン、ポリイミド等の有機絶縁膜、Al、ポリシリコン等の導電膜が積層された構造体を、一つのエッチングマスクで一括して形成することができるという効果を奏する。

【0081】その理由は、本発明ではシリコンカーバイドをエッチングマスクとして用いているため、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜等の無機絶縁膜、ポリイミド等の有機絶縁膜、Al、ポリシリコン等の導電膜のいずれに対しても十分なエッチング選択比を確保することができるからである。

【0082】また、本発明によれば、コンタクトホール形成に用いたエッチングマスクを除去する工程を簡略化することができるという効果を奏する。

【0083】その理由は、本発明でエッチングマスクとして用いる SiC は、十分な絶縁性（体積抵抗率： $1 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$  以上）を有しているため、コンタクトホール形成後に除去しなくても問題が生じないからである。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係るコンタクトホール形成方法を模式的に示す断面図である。

【図 2】本発明の第 2 の実施の形態に係るコンタクトホール形成方法を模式的に示す断面図である。

【図 3】本発明の第 3 の実施の形態に係るコンタクトホール形成方法を模式的に示す断面図である。

【図 4】本発明の第 4 の実施の形態に係るコンタクトホール形成方法を模式的に示す断面図である。

【図 5】本発明の第 1 の実施例に係る DRAM の製造方法を模式的に示す工程断面図である。

【図 6】本発明の第 1 の実施例に係る DRAM の製造方法を模式的に示す工程断面図である。

【図 7】本発明の第 1 の実施例に係る DRAM の製造方法を模式的に示す工程断面図である。

【図 8】本発明の第 1 の実施例に係る DRAM の構造を模式的に示す断面図である。

【図 9】本発明の第 2 の実施例に係る多層配線構造を模式的に示す断面図である。

【図 10】従来の DRAM の製造工程を示す断面図である。

【図 11】従来の DRAM の製造工程を示す断面図である。

【図 12】従来の DRAM の製造工程を示す断面図である。

【図 13】従来のコンタクトホール形成方法を示す断面図である。

【図 14】従来のコンタクトホール形成方法を示す断面図である。

【図 15】従来の多層配線構造を示す断面図である。

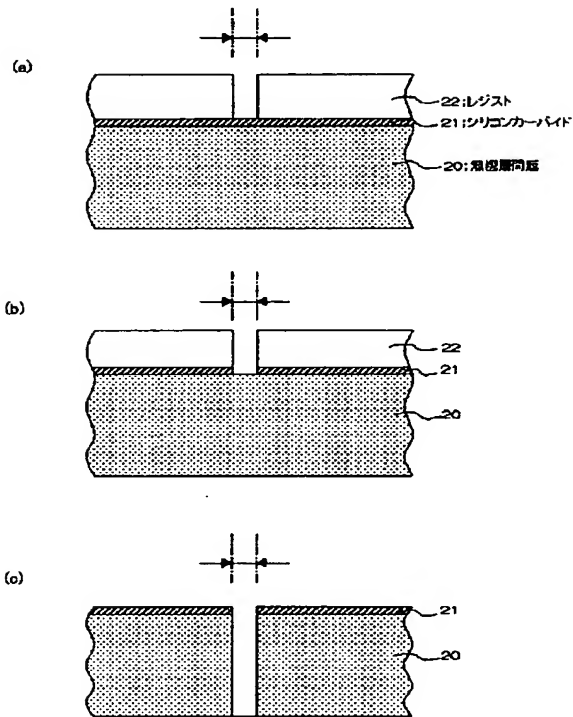
#### 【符号の説明】

- 1 シリコン基板
- 2 素子分離酸化膜
- 3 ゲート酸化膜
- 4 ゲート電極
- 5 シリコン窒化膜
- 6 サイドウォール
- 7 ソース／ドレイン領域
- 8 ウェル領域
- 9 第 1 層間膜
- 10 第 1 コンタクトホール
- 11 第 1 層配線
- 12 シリコン酸化膜

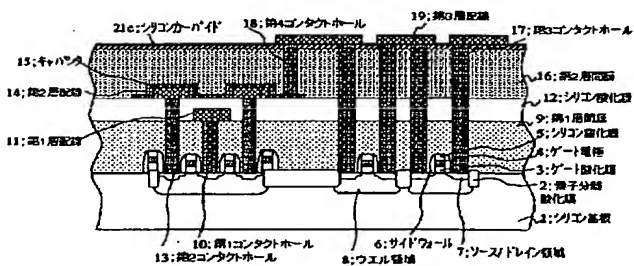
17

- 13 第2コンタクトホール
- 14 第2層配線
- 15 キャパシタ
- 16 第2層間膜
- 17 第3コンタクトホール
- 18 第4コンタクトホール
- 19 第3層配線
- 20 無機層間膜
- 21 シリコンカーバイド

【図1】



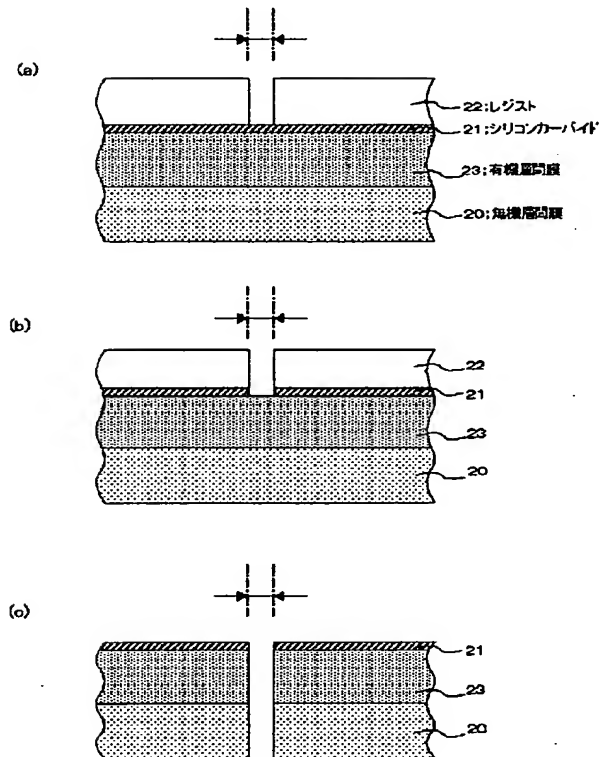
【図8】



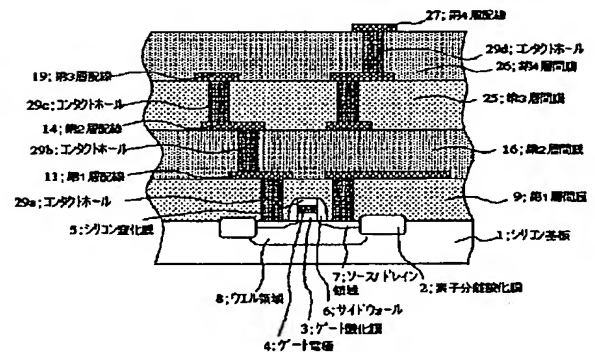
18

- 22 レジスト
- 23 有機層間膜
- 24 金属膜
- 25 第3層間膜
- 26 第4層間膜
- 26 a、26 b、26 c コンタクトホール
- 27 第4層配線
- 28 反射防止膜
- 29 a、29 b、29 c、29 d コンタクトホール

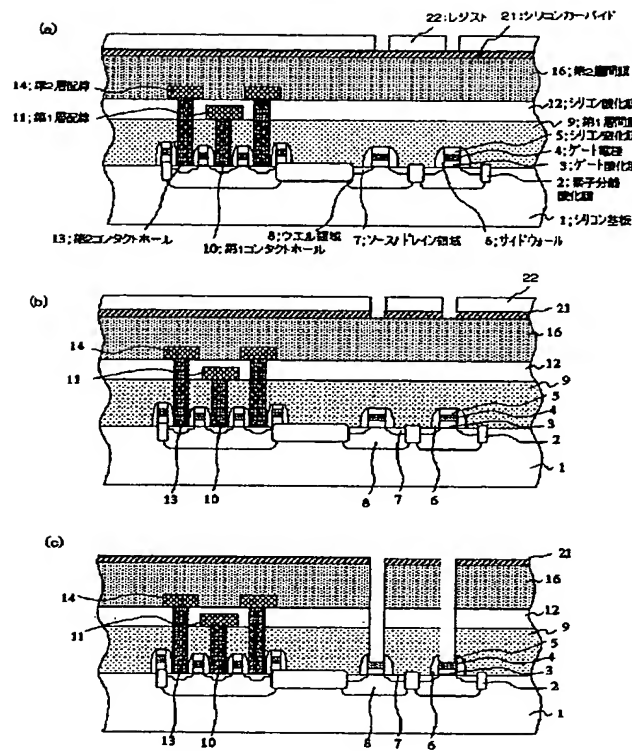
【図2】



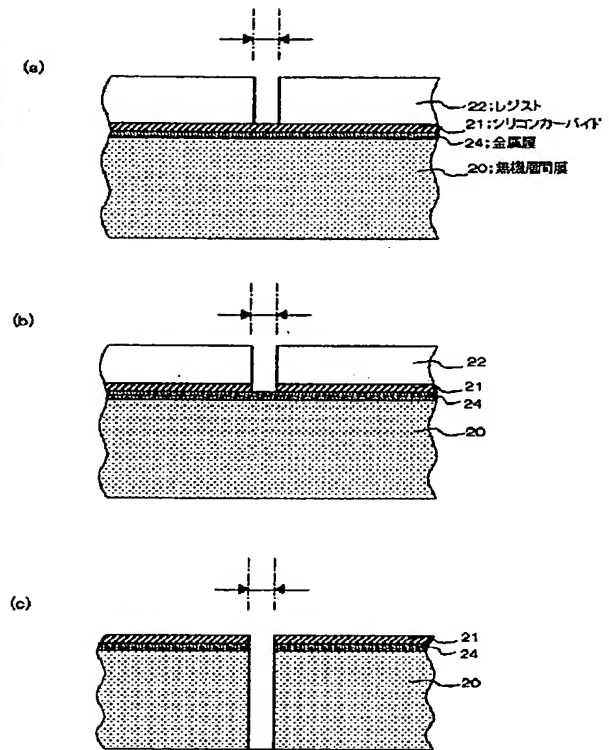
【図15】



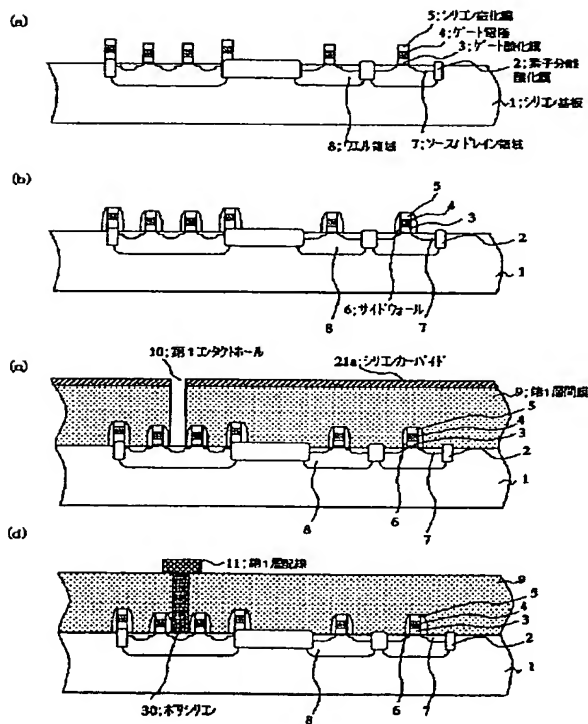
【図3】



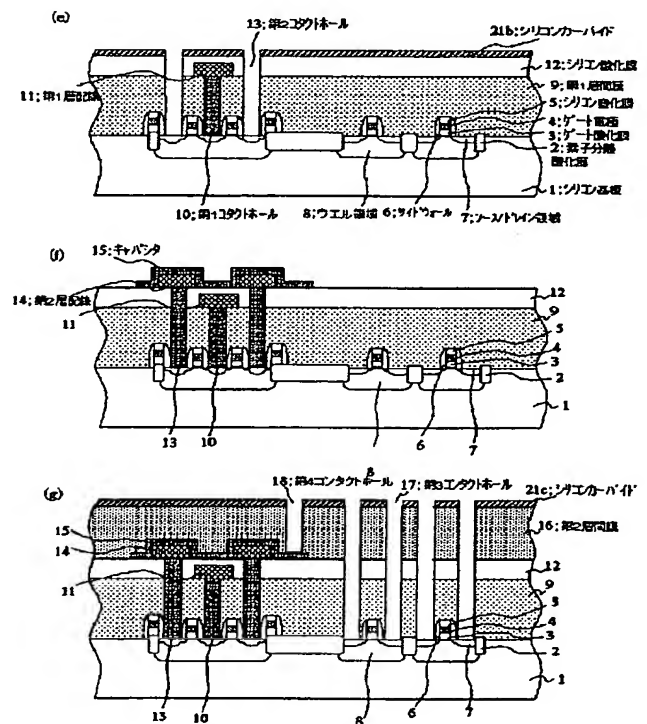
【図4】



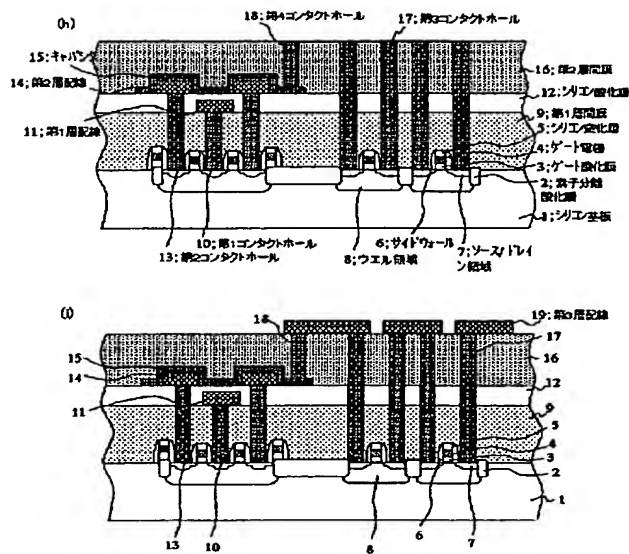
【図5】



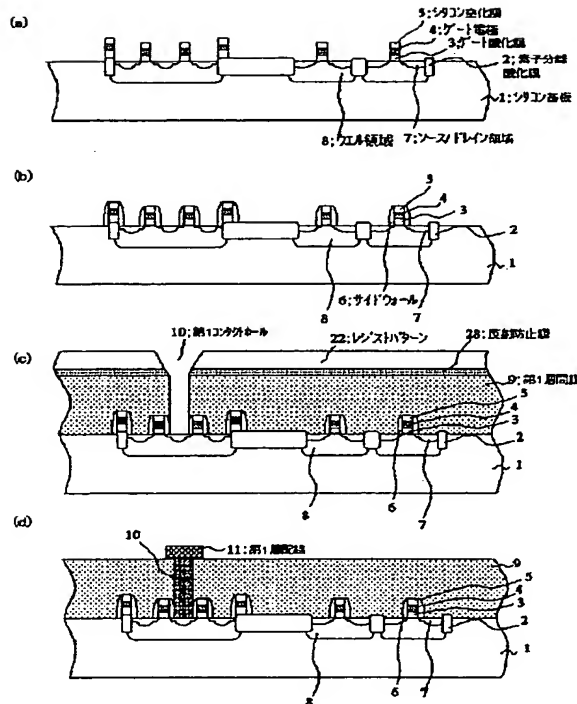
【図6】



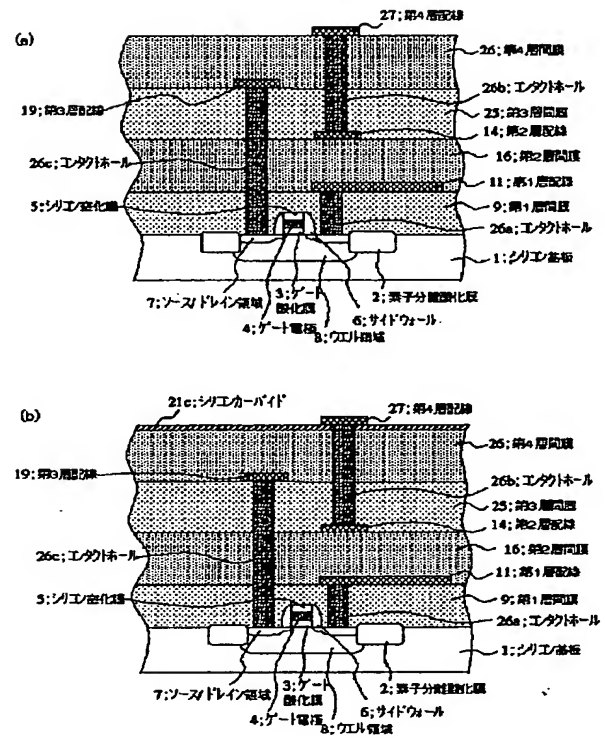
【図 7】



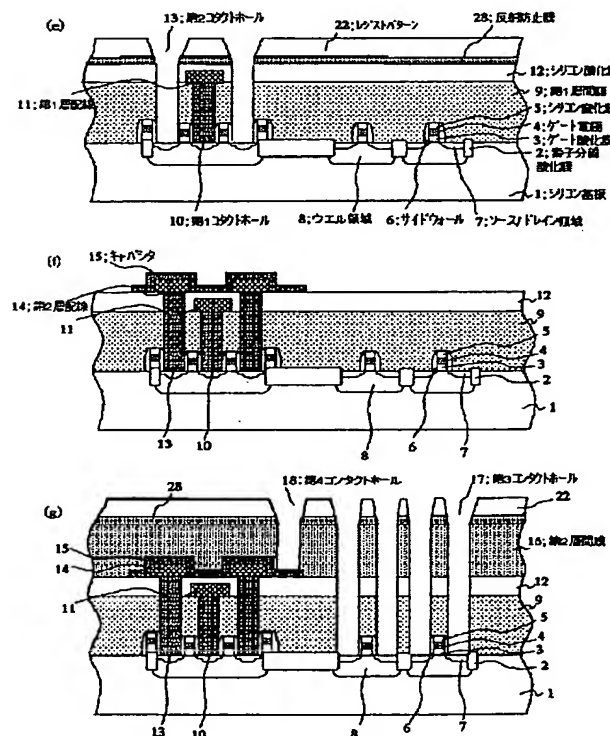
【図 10】



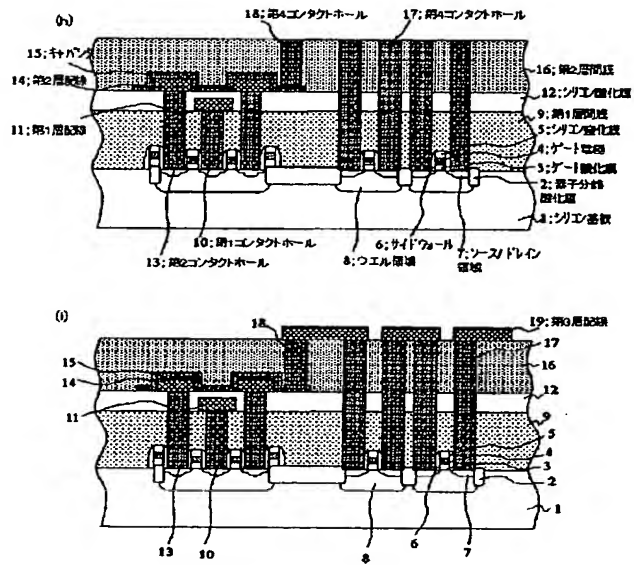
【図 9】



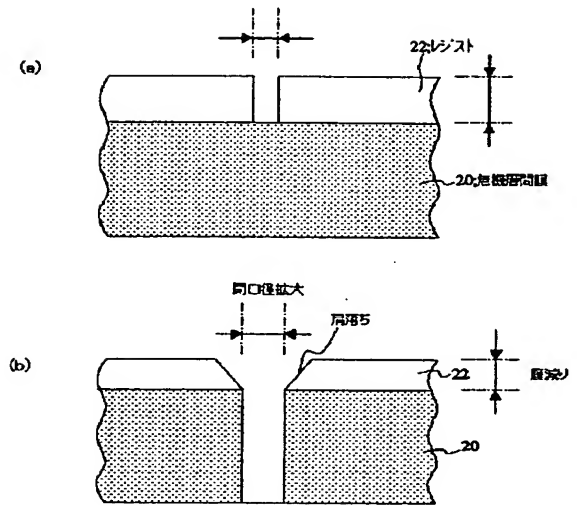
【図 11】



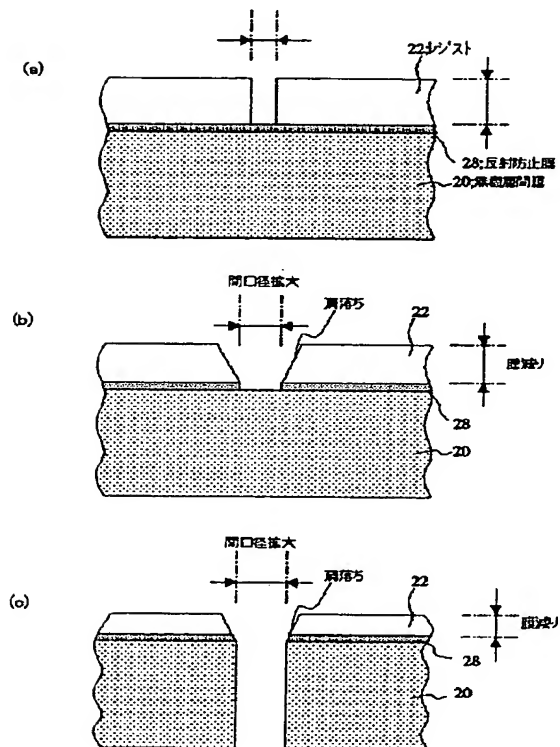
【図12】



【図13】



【図14】



## 【手続補正書】

【提出日】平成12年12月4日（2000.12.4）

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項8

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項8】半導体基板に、ゲート電極とソース／ドレイン領域とを少なくとも有し、前記ゲート電極上に複数の層間膜と複数の配線層とが積層され、前記層間膜に形成されたコンタクトホールを介して、前記ゲート電極及び前記配線層が相互接続される半導体装置において、前記コンタクトホールの少なくとも一つが、無機系の前記層間膜と有機系の前記層間膜とを貫通して形成されていることを特徴とする半導体装置。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】図13に示すように、従来のコンタクトホール形成工程では、例えば、膜厚 $3\mu\text{m}$ 程度のシリコン酸化膜等の無機層間膜20の上に、膜厚 $700\text{nm}$ 程度のレジストパターン22を形成し、CF系のガスを用いたプラズマエッチングによってコンタクトホールの形成を行っていたが、レジストはこのエッチングによって徐々に膜厚が薄くなり、また、開口部の径も徐々に大きくなっていくために、コンタクトホールの形状は初期のレジストパターンの開口径よりも大きくなってしまふ。

## 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0031

【補正方法】変更

【補正内容】

【0031】次に、図1（b）に示すように、レジストパターン22の開口部のSiC21を、例えば、平行平板RIEを用いてプラズマエッチング法により除去する。エッチング条件は、エッチングガスとして $\text{NF}_3/\text{Ar}$ ガスをを用い、流量： $\text{NF}_3/\text{Ar}=30/200\text{ sccm}$ 、圧力： $2.66\text{ Pa}$ （ $20\text{ mTorr}$ ）、ステージ温度 $0^\circ\text{C}$ で行った。本条件では、SiC21のレジストに対するエッチング選択比は3であり、エッチング前後のCD差は $\pm 4\text{ nm}$ 以内であった。

## 【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】変更

【補正内容】

【0032】その後、レジストパターン22を酸素プラ

ズマによる灰化処理、酸溶液及びアルカリ溶液によるウェットエッチングにより除去する。次に、図1（c）に示すように、SiC21をエッチングマスクとして無機層間膜20を、例えば、平行平板RIEを用いてプラズマエッチング法により除去し、コンタクトホールを形成する。エッチング条件は、エッチングガスとして $\text{C}_4\text{F}_8/\text{CO}/\text{Ar}/\text{O}_2$ ガスをを用い、流量： $\text{C}_4\text{F}_8/\text{CO}/\text{Ar}/\text{O}_2=25/60/300/10\text{ sccm}$ 、圧力： $5.32\text{ Pa}$ （ $40\text{ mTorr}$ ）、ステージ温度 $0^\circ\text{C}$ で行った。

## 【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0034

【補正方法】変更

【補正内容】

【0034】また、エッチングマスクを除去する場合、エッチングは一般的な平行平板装置を用い、条件は $\text{NF}_3/\text{Ar}=500/1000\text{ sccm}$ 、圧力： $39.9\text{ Pa}$ （ $300\text{ mTorr}$ ）、ステージ温度 $0^\circ\text{C}$ にて行う。この方法によれば、 $\text{NF}_3$ 流量が多く、圧力が高いため、SiC21のエッチング効率は飛躍的に向上する一方、圧力が高いために深い穴の底にはエッチング種がほとんど届かず、SiC21のエッチング時に先に形成したコンタクトホールの開口形状を変えてしまうことはない。

## 【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0039

【補正方法】変更

【補正内容】

【0039】その後、レジストパターン22を酸素プラズマによる灰化処理、酸溶液及びアルカリ溶液によるウェットエッチングにより除去する。次に、図2（c）に示すように、SiC21をエッチングマスクとしてシリコン酸化膜20とBCB23とを、例えば、平行平板RIEを用いてプラズマエッチング法により除去し、コンタクトホールを形成する。エッチング条件は、BCB23に対しては、エッチングガスとして $\text{Cl}/\text{O}_2$ ガスをを用い、流量： $\text{Cl}/\text{O}_2=150/150\text{ sccm}$ 、圧力： $3.99\text{ Pa}$ （ $30\text{ mTorr}$ ）、ステージ温度 $0^\circ\text{C}$ であり、シリコン酸化膜20に対しては、エッチングガスとして $\text{C}_4\text{F}_8/\text{CO}/\text{Ar}/\text{O}_2$ ガスをを用い、流量： $\text{C}_4\text{F}_8/\text{CO}/\text{Ar}/\text{O}_2=25/60/300/10\text{ sccm}$ 、圧力： $5.32\text{ Pa}$ （ $40\text{ mTorr}$ ）、ステージ温度 $0^\circ\text{C}$ で行った。

## 【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0046

【補正方法】変更



## 【補正内容】

【0046】次に、レジストパターン22を除去した後、図3(c)に示すように、SiC21をエッチングマスクとして第2層間膜16、シリコン酸化膜12、第1層間膜9とゲート電極部のシリコン窒化膜5とを、例えば、平行平板RIEを用いてプラズマエッチング法により除去し、コンタクトホールを形成する。エッチング条件は、シリコン酸化膜16、12、9に対しては、エッチングガスとしてC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>ガスを用い、流量：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>=25/60/300/10 sccm、圧力：5.32 Pa (40 mTorr)、ステージ温度0℃、シリコン窒化膜5に対しては、エッチングガスとしてC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>/CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>ガスを用い、流量：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>/CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>=15/80/500/10/15 sccm、圧力：5.32 Pa (40 mTorr)で行った。

## 【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0052

【補正方法】変更

【補正内容】

【0052】次に、レジストパターン22を除去した後、図4(c)に示すように、SiC21をエッチングマスクとして、上層のシリコン酸化膜20bと導電膜24と下層のシリコン酸化膜20aとを、例えば、平行平板RIEを用いてプラズマエッチング法により除去し、コンタクトホールを形成する。エッチング条件は、上層及び下層のシリコン酸化膜20a、20bに対しては、エッチングガスとしてC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>ガスを用い、流量：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>=25/60/300/10 sccm、圧力：5.32 Pa (40 mTorr)、ステージ温度0℃、AlCu等の導電膜24に対しては、エッチングガスとしてCl<sub>2</sub>/BCl<sub>3</sub>ガスを用い、流量：Cl<sub>2</sub>/BCl<sub>3</sub>=80/20 sccm、圧力：1.33 Pa (10 mTorr)で行った。

## 【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0061

【補正方法】変更

【補正内容】

【0061】続いて、SiC21aの上にレジストを500nm程度の膜厚で塗布し、ビット線と接続する領域が露出するようにレジストパターンを形成し、レジストパターンをエッチングマスクとして、例えば、平行平板RIEを用いてプラズマエッチング法によりレジストパターン開口部のSiC21aを除去する。エッチング条件は、エッチングガスとしてNF<sub>3</sub>/Arガスを用い、流量：NF<sub>3</sub>/Ar=30/200 sccm、圧力：2.66 Pa (20 mTorr)、ステージ温度0℃で行った。

## 【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0062

【補正方法】変更

【補正内容】

【0062】その後、レジストを酸素プラズマによる灰化处理、酸溶液及びアルカリ溶液によるウェットエッチングにより除去した後、SiC21aをエッチングマスクとして第1層間膜9を、例えば、平行平板RIEを用いてプラズマエッチング法により除去し、第1コンタクトホール10を形成する。エッチング条件は、エッチングガスとしてC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>ガスを用い、流量：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>=25/60/300/10 sccm、圧力：5.32 Pa (40 mTorr)、ステージ温度0℃で行った。

## 【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0063

【補正方法】変更

【補正内容】

【0063】なお、本実施例の条件で形成したSiC21aは、十分な絶縁性(1E14Ωcm)を有する膜であるので、第1層間膜9の上にそのまま残すこともでき、また、平行平板装置を用い、NF<sub>3</sub>/Ar=500/1000 sccm、圧力：3.9 Pa (300 mTorr)、ステージ温度0℃の条件でエッチング除去してもよい。その後、図5(d)に示すように、第1コンタクトホール10内部にポリシリコン等を埋め込んだ後、ポリシリコンと接続されるビット線(第1層配線11)を形成する。

## 【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0065

【補正方法】変更

【補正内容】

【0065】その後、レジストを除去した後、SiC21bをエッチングマスクとしてシリコン酸化膜12及び第1層間膜9をプラズマエッチング法により除去し、シリコン酸化膜12及び第1層間膜9を貫通する第2コンタクトホール13を形成する。エッチング条件は、シリコン酸化膜12に対しては、エッチングガス：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>、流量：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>=25/60/300/10 sccm、圧力：5.32 Pa (40 mTorr)、ステージ温度0℃、第1層間膜9に対しては、エッチングガス：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>、流量：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>=25/60/300/10 sccm、圧力：5.32 Pa (40 mTorr)で行った。

## 【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0068

【補正方法】変更

【補正内容】

【0068】次に、レジストを除去した後、SiC<sub>2</sub>1cをエッチングマスクとして第2層間膜16、シリコン酸化膜12及び第1層間膜9をプラズマエッチング法により除去し、第2層間膜16、シリコン酸化膜12及び第1層間膜9を貫通する第3コンタクトホール17及び第2層間膜16を貫通する第4コンタクトホール18を形成する。エッチング条件は、第2層間膜16に対しては、エッチングガス：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>、流量：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>=25/60/300/10sccm、圧力：5.32Pa（40mTorr）、ステージ温度0℃、シリコン酸化膜12に対しては、エッチングガス：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>、流量：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>=25/60/300/10sccm、圧力：5.32Pa（40mTorr）、第1層間膜9に対しては、エッチングガス：C<sub>4</sub>

F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>、流量：C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO/Ar/O<sub>2</sub>=25/60/300/10sccm、圧力：5.32Pa（40mTorr）で行った。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0077

【補正方法】変更

【補正内容】

【0077】このように各層間膜毎にコンタクトホールを形成する場合は、コンタクトホール同士が基板の法線方向から見て相重ならないようにしなければならず、また、工程が複雑になってしまうが、本実施例のエッチングマスクを用いる場合には、SiC<sub>2</sub>1がシリコン酸化膜、シリコン窒化膜等の無機絶縁膜や、ベンゾシクロブテン、ポリイミド等の有機絶縁膜や、Al、ポリシリコン等の導電膜のいずれに対しても十分なエッチング選択比を有しているために、複数の層を貫通するコンタクトホールを一括して形成することができる。

【手続補正書】

【提出日】平成12年12月5日（2000.12.5）

【手続補正1】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【補正内容】

【図4】

